

PRIORITY  
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)10-04925  
REC'D 18 OCT 2000

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung

Ep 00/07746

4

Aktenzeichen:

199 37 505.4

Anmeldetag:

9. August 1999

Anmelder/Inhaber:

Infineon Technologies AG, München/DE

Erstanmelder: Siemens AG, München/DE

Bezeichnung:

Empfangsverfahren und Empfängeranordnung  
für ein Duplex-Übertragungssystem

IPC:

H 04 L, H 03 K, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. September 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag  
Dzierzon

H 05 10 00

1

## Beschreibung

Empfangsverfahren und Empfängeranordnung für ein Duplex-Übertragungssystem

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Empfangsverfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Empfängeranordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4 für ein Duplex-Übertragungssystem, in dem insbesondere

10 pulsamplitudenmodulierte Signale übertragen werden.

15

Die Übertragung von Daten im Basisband mit Hilfe einer Pulsamplitudenmodulation (PAM) ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn nicht gleichzeitig im niederfrequenten Bereich zusätzliche Signale, wie beispielsweise für einen zusätzlichen Telefonkanal Sprachsignale, übertragen werden müssen. Im Gegensatz zu trägermodulierten Übertragungssystemen, wie beispielsweise

20 QAM (Quadraturamplitudenmodulation)- oder DMT (Diskrete Multitonmodulation)-Übertragungssystemen, wird in PAM-Übertragungssystemen nahezu der gesamte Frequenzbereich beginnend bei einer unteren Grenzfrequenz, die im wesentlichen durch die Eigenschaften der Leitungsanschaltung bestimmt wird, genutzt.

5

30

35

Die Pulsamplitudenmodulation wird u.a. auch in Duplex-Übertragungssystemen eingesetzt, bei denen gleichzeitig in beide Richtungen des Übertragungskanals bzw. der Übertragungsleitung Daten übertragen werden. In derartigen Duplex-Übertragungssystemen ist zur Unterdrückung des Übersprechens vom eigenen Sender auf den Empfänger derselben Übertragungseinheit, was zu Echoeffekten führen würde, eine Echokompensation erforderlich. Durch die Echokompensation wird gleichzeitig erreicht, daß die zur Verfügung stehende

Bandbreite beidseitig optimal genutzt werden kann, so daß sich derartige Übertragungssysteme bei einer vorgegebenen



Störumgebung insbesondere durch eine relativ hohe Reichweite auszeichnen.

In Fig. 3 ist die prinzipielle Anordnung eines PAM-Empfängers eines derartigen Duplex-Datenübertragungssystems dargestellt. Ein Empfangssignal  $u(t)$  wird von einem analogen Eingangsfilter 1 gefiltert und anschließend von einem Abtaster 2 mit der Symbolrate  $1/T$  abgetastet, so daß diese Abtastwerte des Empfangssignals in Abständen von  $k \cdot T$  vorliegen. Anstelle des analogen Eingangsfilters 1 kann auch ein digitales Eingangsfilter verwendet werden, wenn die Abtastfrequenz entsprechend hoch gewählt wird. Nach der Abtastung mit der Symbolrate  $1/T$  kann sich eine weitere Filterstufe 5 anschließen, die im allgemeinen durch ein digitales Hochpaßfilter realisiert ist. Dieses weitere Filter 5 dient insbesondere zur Unterdrückung von niederfrequenten Störungen, wie z.B. Offset, und zur Verbesserung des Einschwingverhaltens. Von einem Echokompensator 6 wird in Abhängigkeit von den Sendedaten  $x(k \cdot T)$  des Senders derselben Duplex-Übertragungseinheit ein Echokompensationssignal  $y_{ec}(k \cdot T)$  erzeugt und über den in Fig. 3 gezeigten Addierer 7 von dem abgetasteten und entzerrten Empfangssignal  $y'(k \cdot T)$  subtrahiert. Das auf diese Weise echokompensierte Empfangssignal wird abschließend entzerrt und als  $y(k \cdot T)$  zur weiteren Verarbeitung, insbesondere zur Demodulation, ausgegeben, so daß die jeweils übertragenen Daten wiedergewonnen werden können. Als linearer Entzerrer 8 wird in der Regel ein digitales nichtrekursives Filter verwendet, dessen Koeffizienten jeweils adaptiv auf den aktuellen Übertragungskanal eingestellt werden müssen. Da dem Entzerrer 8 die mit der Symbolrate  $1/T$  abgetasteten, gefilterten und vom Echo befreiten Empfangssignalwerte als Eingangssignal zugeführt werden, wird der Entzerrer 8 auch als T-Entzerrer bezeichnet. Nach dem Entzerrer 8 wird üblicherweise zusätzlich ein Entscheidungs-Rückkopplungsentzerrer 9 (Decision-Feedback-Entzerrer) eingesetzt, der die Nachschwinger der Impulsantwort des jeweiligen

H 05 00 00

3

Übertragungskanal kompensiert und in der Regel zu einem besseren Übertragungsverhalten führt.

In vielen Anwendungsfällen kann bei derselben Störumgebung ein besseres Übertragungsverhalten erzielt werden, wenn ein Entzerrer verwendet wird, dessen Eingangssignal mit der doppelten Symbolrate des Empfangssignals, d.h. mit der Frequenz  $2/T$ , abgetastet wird. Ein derartiger Entzerrer wird daher auch als  $T/2$ -Entzerrer bezeichnet.

Eine entsprechende Empfängeranordnung mit einem derartigen  $T/2$ -Entzerrer ist in Fig. 4 dargestellt, wobei diejenigen Bestandteile, welche den in Fig. 3 gezeigten Bestandteilen entsprechen, mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, wird das Empfangssignal  $u(t)$  von dem Abtaster 2 mit der doppelten Symbolrate  $2/T$  abgetastet und über das digitale Hochpaßfilter 5 dem Echokompensator 6 zugeführt. Aufgrund der doppelten Abtastfrequenz muß in diesem Fall der Echokompensator je Empfangssymbol zwei Kompensationswerte  $y(k \cdot T/2)$  erzeugen. Das somit echokompensierte Empfangssignal wird dem  $T/2$ -Entzerrer 8 zugeführt und am Ausgang des  $T/2$ -Entzerrers durch einen weiteren Abtaster 13 mit der einfachen Symbolrate  $1/T$  abgetastet und an den Entscheidungs-Rückkopplungsentzerrer 9 ausgegeben.

Der wesentliche Nachteil dieser Empfängeranordnung besteht darin, daß der Echokompensator 6, wie bereits erläutert worden ist, je Empfangssymbol zwei Kompensationswerte, d.h. doppelt so viele Kompensationswerte wie bei der in Fig. 3 gezeigten Anordnung, erzeugen muß. Aus diesem Grund wird der Realisierungsaufwand für den Echokompensator 6, der ohnehin den Hauptanteil des Gesamtaufwands darstellt, nahezu verdoppelt.

Dies soll durch die in Fig. 5 gezeigte Darstellung verdeutlicht werden, wobei eine mögliche Schaltungsanordnung



des in Fig. 4 gezeigten Echokompensators 6 für ein Übertragungssystem mit einem T/2-Entzerrer 8 dargestellt ist. Der Echokompensator 6 besteht im wesentlichen aus zwei Zweigen, wobei der obere Zweig die Anteile des Echokompensationssignals  $y_{ec}(k \cdot T)$  für die Abtastzeitpunkte  $k \cdot T + T/2$  und der untere Zweig die Anteile des Echokompensationssignals für die Abtastzeitpunkte  $k \cdot T$  generiert. Die durch die beiden Zweige mit Hilfe von Verzögerungsgliedern 14, Multiplikatoren 15 mit einstellbaren Multiplikationskoeffizienten  $h_{1,1} \dots h_{N,1}$  bzw.  $h_{1,2} \dots h_{N,2}$  und Addierern 16 generierten Kompensationswerte werden ausgangsseitig abwechselnd weitergegeben. Ein Echokompensator für ein Übertragungssystem mit einem T-Entzerrer würde hingegen lediglich einen Zweig benötigen, da dann je Empfangssymbol nur ein Kompensationswert generiert werden müßte.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Empfangsverfahren für ein Duplex-Übertragungssystem sowie eine entsprechende Empfängeranordnung vorzuschlagen, wobei vergleichbare Übertragungseigenschaften wie bei der Verwendung eines T/2-Entzerrers erzielt werden können und gleichzeitig jedoch der erhöhte Realisierungsaufwand für den Echokompensator vermieden wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. eine Empfängeranordnung mit den Merkmalen des Anspruches 4 gelöst. Die Unteransprüche definieren jeweils bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, das Empfangssignal zunächst mit der doppelten Symbolrate oder Symboltaktfrequenz abzutasten und einem zusätzlichen Entzerrer, nämlich einem T/2-Entzerrer, zuzuführen. Am Ausgang dieses zusätzlichen Entzerrers wird das entzerrte Empfangssignal mit der Symbolrate abgetastet, so daß lediglich jeder zweite Wert dem

N 05 00 00

5

Echokompensator zugeführt und zur weiteren Verarbeitung verwendet wird.

Die weiteren Bestandteile der Empfängeranordnung können dann  
5 der in Fig. 3 gezeigten Anordnung mit T-Entzerrer entsprechen.

Als zusätzlicher Entzerrer kann insbesondere ein digitales  
nichtrekursives Filter verwendet werden, welches am Eingang  
10 mit den Empfangssignalwerten beaufschlagt wird, die mit der  
doppelten Symbolrate des Empfangssignals vorliegen, wobei das  
digitale nichtrekursive Filter am Ausgang Empfangssignalwerte  
mit der einfachen Symbolrate ausgibt. Die Koeffizienten des  
digitalen nichtrekursiven Filters dürfen sich dabei während  
15 einer Datenübertragung nicht ändern und sollten daher fest  
eingestellt werden.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der  
zur Echokompensation verwendete Echokompensator lediglich  
20 einen Kompensationswert je Empfangssymbol, welches von dem  
zusätzlichen Entzerrer ausgegeben wird, generieren muß und  
somit mit relativ geringem Schaltungsaufwand realisiert  
werden kann. Insbesondere ist der Realisierungsaufwand  
vergleichbar mit demjenigen eines Echokompensators für ein  
Duplex-Übertragungssystem mit einem T-Entzerrer (vgl. Fig.  
3). Andererseits kann mit Hilfe der vorliegenden Erfindung  
ein so gutes Übertragungsverhalten erzielt werden, welches  
vergleichbar mit demjenigen eines Systems mit einem T/2-  
Entzerrer ist.

30 Die vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere zum  
Einsatz in Duplex-PAM-Datenübertragungssystemen.  
Grundsätzlich kann die vorliegende Erfindung jedoch auch in  
beliebigen anderen Duplex-Übertragungssystemen eingesetzt  
35 werden.



Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert.

5 Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Empfängeranordnung für ein Duplex-Übertragungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 zeigt einen möglichen Schaltungsaufbau für einen in  
10 Fig. 1 gezeigten T/2-Entzerrer,

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer bekannten Empfängeranordnung für ein Duplex-Übertragungssystem gemäß dem Stand der Technik,

15

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild einer weiteren bekannten Empfängeranordnung für ein Duplex-Übertragungssystem gemäß dem Stand der Technik, und

20 Fig. 5 zeigt einen möglichen Schaltungsaufbau für einen in Fig. 4 gezeigten Echokompensator.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Empfängeranordnung für ein Duplex-PAM-Datenübertragungssystem dargestellt, wobei die  
5 den in Fig. 3 und 4 gezeigten Bestandteilen entsprechenden Bestandteile mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, wird ein Empfangssignal  $u(t)$  zunächst mit Hilfe eines (analogen oder digitalen)

30 Eingangsfilters 1 gefiltert und durch einen Abtaster 2 mit dem doppelten Symboltakt oder der doppelten Symbolrate des Empfangssignals abgetastet. Dieses Abtastsignal wird einer zusätzlich eingefügten Einheit, nämlich einem T/2-Entzerrer 3, der auch als Kompromißentzerrer bezeichnet werden kann,  
35 zugeführt. Mit Hilfe eines weiteren Abtasters 4, der das entzerrte Empfangssignal mit der einfachen Symbolrate abtastet, wird am Ausgang dieses zusätzlichen T/2-Entzerrers

3 nur jeder zweite Abtastwert für die weitere Verarbeitung übernommen. Die restliche Schaltungsanordnung entspricht der bekannten Schaltungsanordnung mit T-Entzerrer, wie sie in Fig. 3 gezeigt und bereits ausführlich erläutert worden ist. Ergänzend wird daher bezüglich der weiteren Bestandteile der in Fig. 1 gezeigten Empfängeranordnung auf die Ausführungen zu Fig. 3 verwiesen.

10 Zu beachten ist insbesondere, daß der in Fig. 1 gezeigte Echokompensator lediglich einen Kompensationswert je Symbol generieren muß und somit mit entsprechend geringem Aufwand realisiert werden kann.

15 Der gemäß Fig. 1 verwendete T/2-Entzerrer 3 kann insbesondere durch ein digitales nichtrekursives Filter gebildet sein, welches am Eingang mit den Empfangssignalwerten beaufschlagt wird, die mit der doppelten Symbolrate des Empfangssignals  $u(t)$  vorliegen, wobei das digitale nichtrekursive Filter in Kombination mit dem Abtaster 4 am Ausgang Empfangssignalwerte 20 mit der einfachen Symbolrate ausgibt.

5 Eine Blockschaltbild eines entsprechenden Entzerrers 3 ist beispielhaft in Fig. 2 dargestellt. Wie Fig. 2 entnommen werden kann, umfaßt dieses digitale nichtrekursive Filter 3 mehrere T/2-Verzögerungsglieder 10 sowie in den einzelnen Vorwärtszweigen angeordnete Multiplikatoren 11, wobei die Ausgangswerte der einzelnen Vorwärtszweige durch einen Addierer 12 addiert und als Ausgangssignal dem Abtaster 4 zugeführt werden. Die Koeffizienten  $c_1 \dots c_n$  dieser 30 Multiplikatoren 11 dürfen sich während einer Datenübertragung nicht ändern und sollten daher fest eingestellt werden. Bei der Dimensionierung dieser Koeffizienten  $c_1 \dots c_n$  können jedoch die Eigenschaften eines bestimmten Übertragungskanals des jeweiligen Duplex-Datenübertragungssystems berücksichtigt 35 werden. Die eigentliche Anpassung an den jeweils aktuellen Übertragungskanal erfolgt, wie bereits erläutert worden ist, durch den adaptiven T-Entzerrer 8, dem die durch den T/2-

14051000

8

Entzerrer 3 entzerren, mit Hilfe der Filter 1 und 5  
gefilterten und durch den Echokompensator 6 echokompensierten  
Empfangssignalwerte zugeführt werden.

5

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Empfangen eines über ein Duplex-Übertragungssystem übertragenen Empfangssignals,  
5 wobei ein von einer Duplex-Übertragungseinheit des Duplex-Übertragungssystems empfangenes Empfangssignal (u) mit der doppelten Symbolfrequenz des Empfangssignals (u) abgetastet wird,  
wobei ein Echokompensationssignal (yec) in Abhängigkeit von  
10 einem Sendesignal (x) der Duplex-Übertragungseinheit erzeugt und mit dem abgetasteten Empfangssignal kombiniert wird, um ein echokompensiertes Empfangssignal zu erhalten, und  
wobei das echokompensierte Empfangssignal entzerrt und zur weiteren Verarbeitung ausgegeben wird,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß nach der Abtastung mit der doppelten Symbolfrequenz das Empfangssignal (u) entzerrt und das entzernte Empfangssignal mit der einfachen Symbolfrequenz nochmals abgetastet und der Echokompensationseinrichtung (6,7) zugeführt wird.  
20
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß zur Entzerrung des Empfangssignals nach der Abtastung mit der doppelten Symbolfrequenz und vor der Abtastung mit der  
5 einfachen Symbolfrequenz ein nichtrekursives digitales Filter (3) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
30 daß die Koeffizienten ( $c_1 \dots c_n$ ) des nichtrekursiven digitalen Filters (3) während einer Datenübertragung nicht verändert werden.
4. Empfängeranordnung für eine Duplex-Übertragungseinheit,  
35 mit einer ersten Abtasteinrichtung (2) zum Abtasten eines Empfangssignals (u) der Duplex-Übertragungseinheit mit der doppelten Symbolfrequenz des Empfangssignals (u),



mit einer Echokompensatoreinrichtung (6,7) zum Erzeugen eines Echokompensationssignals (yec) in Abhängigkeit von einem Sendesignal (x) der Duplex-Übertragungseinheit, wobei das Echokompensationssignals (yec) mit dem von der

5 Abtasteinrichtung (2) abgetasteten Empfangssignal kombiniert wird, um ein echokompensiertes Empfangssignal zu erhalten, und

mit einem ersten Entzerrer (8) zum Entzerren des echokompensierten Empfangssignals und zum Ausgeben des entzerrten und echokompensierten Empfangssignals (y) zur weiteren Verarbeitung,

10

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zwischen der ersten Abtasteinrichtung (2) und der Echokompensationseinrichtung (6,7) ein zweiter Entzerrer (3) angeordnet ist, dem das von der ersten Abtasteinrichtung (2) mit der doppelten Symbolfrequenz abgetastete Empfangssignal (u) zur Entzerrung zugeführt wird, und daß eine zweite Abtasteinrichtung (4) vorgesehen ist, um das von dem zweiten Entzerrer (3) entzerrte Empfangssignal (u)

15

20 mit der einfachen Symbolfrequenz abzutasten und der Echokompensationseinrichtung (6,7) zuzuführen.

5. Empfängeranordnung nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der zweite Entzerrer (3) ein digitales Filter ist.

5

6. Empfängeranordnung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der zweite Entzerrer (3) ein nichtrekursives digitales

30 Filter ist.

7. Empfängeranordnung nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Koeffizienten ( $c_1 \dots c_n$ ) des zweiten Entzerrers (3)

35 fest eingestellt sind.

8. Empfängeranordnung nach einem der Ansprüche 4-7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß das Empfangssignal (u) der ersten Abtasteinrichtung über  
ein Empfangsfilter (1) zugeführt ist, und  
daß das von der zweiten Abtasteinrichtung (4) mit der  
5 einfachen Symbolfrequenz abgetastete und von dem zweiten  
Entzerrer (3) entzernte Empfangssignal (y') über ein  
digitales Hochpaßfilter (5) der Echokompensationseinrichtung  
(6,7) zugeführt ist.

- 10 9. Empfängeranordnung nach einem der Ansprüche 4-8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der erste Entzerrer (8) ein digitales nichtrekursives  
Filter mit adaptiv einstellbaren Filterkoeffizienten ist, und  
daß mit dem ersten Entzerrer (8) ein Entscheidungs-  
15 Rückkopplungsentzerrer (9) in Reihe geschaltet ist, der das  
entzernte und echokompensierte Empfangssignals (y) zur  
weiteren Verarbeitung ausgibt.

10. Verwendung einer Empfängeranordnung nach einem der  
20 Ansprüche 4-9 in einem Duplex-Pulsamplitudenmodulation-  
Übertragungssystem.

NO. 10.00

12

## Zusammenfassung

## Bezeichnung der Erfindung

- 5 In einer Duplex-Übertragungseinheit wird ein Echokompensationssignal (yec) erzeugt, welches mit einem Empfangssignal (u) zur Vermeidung von Übersprechen vom eigenen Sender auf den Empfänger kombiniert wird. Vor der Zuführung des Empfangssignals zu der Echokompensationseinrichtung (6, 7)
- 10 wird das Empfangssignal zunächst mit der doppelten Symbolrate abgetastet, entzerrt und anschließend nochmals mit der einfachen Symbolrate abgetastet, so daß von der Echokompensationseinrichtung (6, 7) lediglich ein Kompensationswert pro Empfangssymbol generiert werden muß.

15

(Fig. 1)

## Bezugszeichenliste

1	EingangsfILTER
2	Abtaster
3	T/2-Entzerrer
4	Abtaster
5	Digitales Filter
6	Echokompensator
7	Addierer
8	Linearer Entzerrer
9	Decision-Feedback-Entzerrer
10	Verzögerungsglied
11	Multiplizierer
12	Addierer
13	Abtaster
14	Verzögerungsglied
15	Multiplizierer
$u(t)$	Empfangssignal
$T$	Symbolperiode
$k$	Abtastindex
$x$	Sendesignal
$y'$	Entzerrtes Empfangssignal
$y_{ec}$	Echokompensationssignal
$y$	Entzerrtes und echokompensiertes Empfangssignal
$h_{1,1}$	
$\dots h_{N,2}$	Multiplikationskoeffizient
$c_1 \dots c_n$	Multiplikationskoeffizient

59 P 2488

10.00

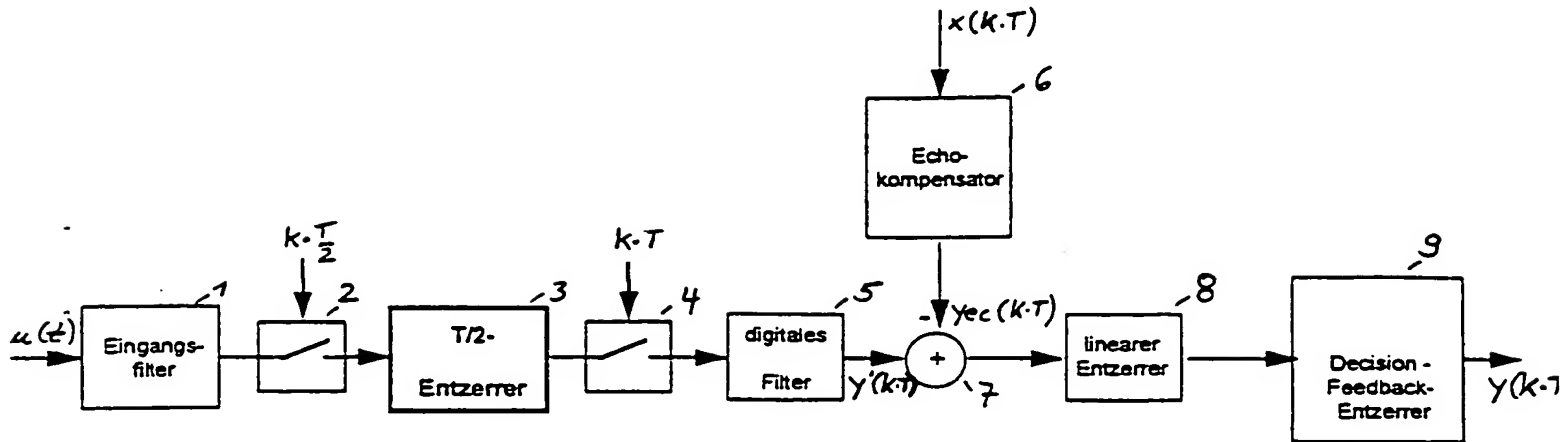


FIG. 1

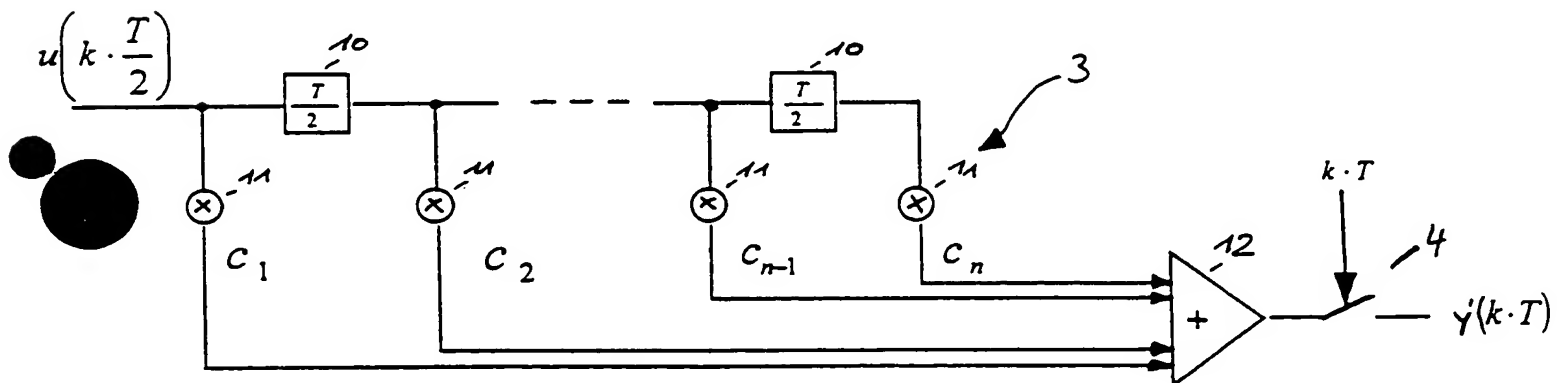


FIG. 2

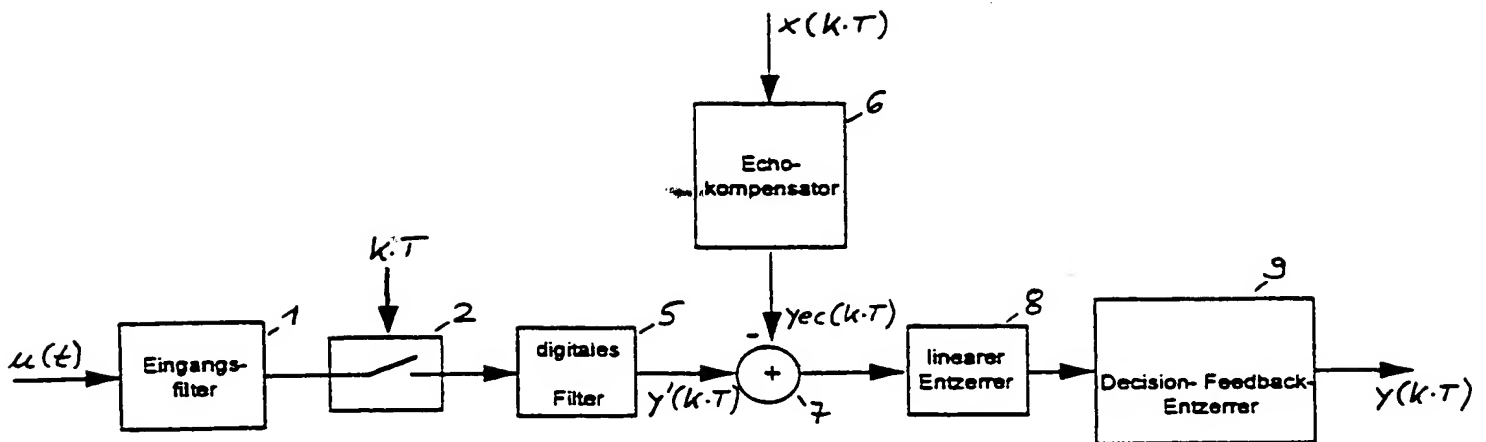


FIG. 3  
 (STAND DER TECHNIK)

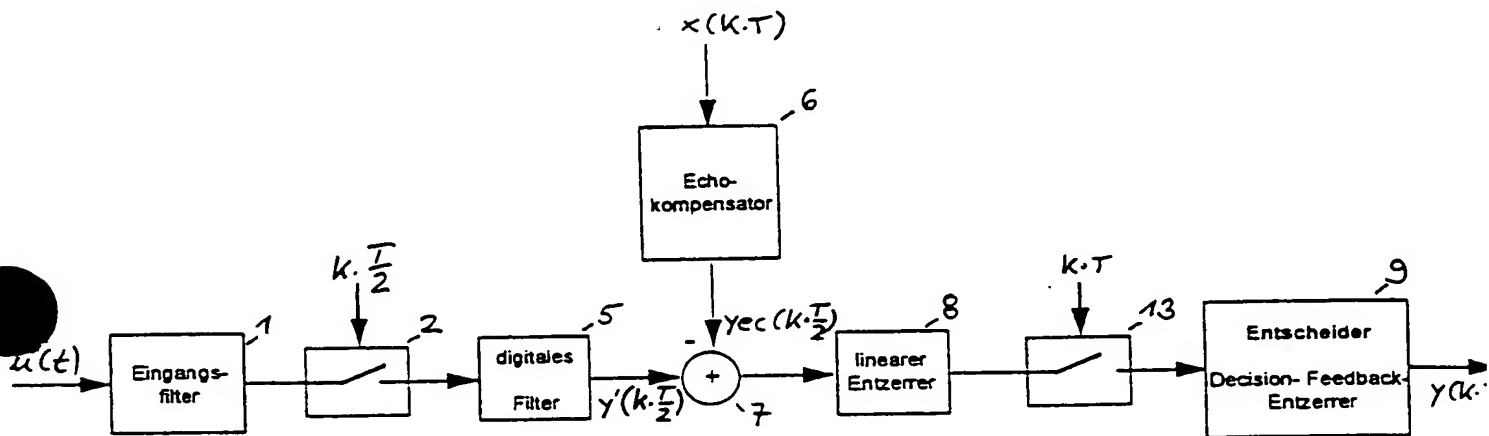


FIG. 4  
 (STAND DER TECHNIK)

99 P 2488  
 14.03.10.00

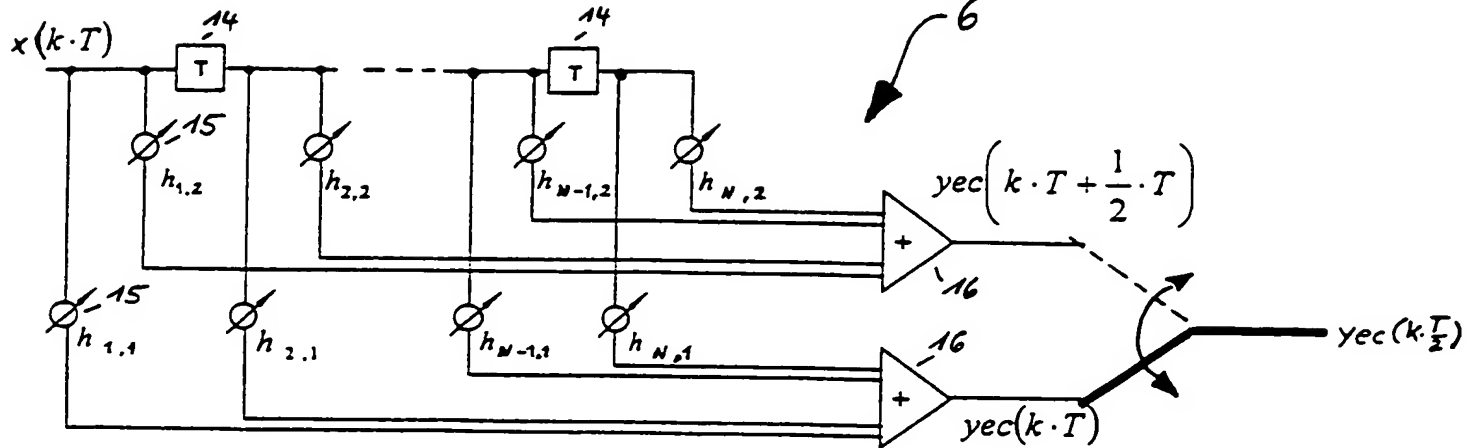


FIG.5  
 (STAND DER TECHNIK)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**